

Potentiella källor till dioxiner och dioxinliknande PCB i ekologiska ägg



Martina Lundin

Potentiella källor till dioxiner och dioxinliknande PCB i ekologiska ägg

Potential sources of dioxins and dioxin-like PCBs in organic eggs

Martina Lundin

Handledare:	Helena Wall, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator:	Anna Wistedt, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Omfattning:	15 hp
Kurstitel:	Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Kurskod:	EX0553
Program:	Agronomprogrammet - Husdjur
Nivå:	Grund, G2E
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2017
Serienamn, delnr:	Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för veterinärmedicin och husdjursvetenskap, 599
Omslagsbild:	Jenny Svénnås-Gillner, SLU
Nyckelord:	Dioxiner, dioxinliknande Polyklorerade bifenyler, ekologiska ägg, persistenta organiska föroreningar, dl-PCB, PCDD, PCDF, TCDD
Key words:	Dioxins, dioxin-like Polychlorinated biphenyls, organic eggs, persistent organic pollutants, dl-PCB, PCDD, PCDF, TCDD

Sammanfattning

Livsmedelsverket utförde en studie 2003 med syfte att undersöka halter av dioxiner och dioxinliknande Polyklorerade Bifenyl (PCB) i ekologiska och konventionella ägg. Förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande PCB (dl-PCB) påträffades i ekologiska ägg och gemensamt för de ägg med förhöjda halter var att värphönsen utfodrats med en fodertyp som innehöll fiskmjöl. Andelen fiskmjöl i fodret till värphöns i ekologisk äggproduktion reducerades och kvaliteten på fiskmjölet förbättrades för att sänka halterna av dioxiner och dl-PCB. Trots åtgärder upptäckte Livsmedelsverket 2016 halter som överskred EU:s åtgärdsgräns. Bransch och myndigheter uppmanades att identifiera källorna till de förhöjda halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg. Dioxiner och dl-PCB är en grupp persistenta organiska föroreningar som utgör liknande toxikologiska funktioner som kan ha effekter på bland annat djurs och människors reproduktion, endokrina system och kan öka risken för cancer. Förhöjda halter av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg orsakas bland annat av kontaminerad jord och stall byggda innan nytillverkningen och användningen av PCB förbjöds under 70-talet. Antal individer i en besättning och tiden individerna spenderar utomhus påverkar hur mycket kontaminerad jord hönorna i ekologisk äggproduktion får i sig. I ett flertal marknadsstudier påträffas förhöjda halter av dioxiner och dl-PCB i fet fisk och den svenska äggbranschen står fast vid att fiskmjölet är den primära källan till förhöjda halter av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg. Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka potentiella källor till dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg, vilken betydelse de har för kontamineringen av ekologiska ägg och vad föreningarna har för inverkan på människor och djur.

Nyckelord: Dioxiner, dioxinliknande Polyklorerade bifenyl, ekologiska ägg, persistenta organiska föroreningar, dl-PCB, PCDD, PCDF, TCDD

Abstract

The National Food Agency of Sweden conducted a study in 2003 to investigate levels of dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in organic and conventional eggs. Increased levels of dioxins and dioxin-like PCBs (dl-PCBs) were found in organic eggs and common for the eggs with elevated levels where that the laying hens had been fed with a feed type containing fishmeal. The proportion of fishmeal in the feed to laying hens in organic egg production was reduced and the quality of the fish meal improved to decrease the levels of dioxins and dl-PCBs. Despite actions, the National Food Agency in 2016 detected levels that exceeded the EU action limit. Industry and authorities were invited to identify the sources of the increased levels of dioxins and dl-PCBs in organic eggs. Dioxins and dl-PCBs are a group of persistent organic pollutants that form similar toxicological functions that can affect animal and human reproduction, endocrine systems and may increase the risk of cancer. Increased levels of dioxins and dl-PCBs in organic eggs are caused, inter alia, by contaminated soil and barns built before the ban of production and use of PCBs during the 70's. Number of individuals in a herd and the time the individuals spend outdoors affects how much contaminated soil the hens in organic egg production ingest. In numerous market studies, elevated levels of dioxins and dl-PCBs are found in fat fish, and the Swedish egg industry still claims that the fishmeal is the primary source of increased levels of dioxins and dl-PCBs in organic eggs. The purpose of this review is to investigate potential sources of dioxins and dl-PCBs in organic eggs, the significance they have for the contamination of organic eggs and how the compounds affect humans and animals.

Keywords: Dioxins, dioxin-like Polychlorinated biphenyls, organic eggs, persistent organic pollutants, dl-PCB, PCDD, PCDF, TCDD

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Förkortningar	4
1 Inledning	5
2 Litteratursammanställning	7
2.1 Dioxiner och dioxinliknande PCB	7
2.2 Gränsvärden	8
2.3 Källor till dioxiner och dioxinliknande PCB	9
2.4 Potentiella källor till dioxiner och dioxinliknande PCB i ekologiska ägg	10
2.5 Jämförelse med andra animaliska livsmedel	13
2.6 Inverkan på människa och djur	14
3 Diskussion	17
4 Slutsats	19
Referenslista	20
Tack	24

Förkortningar

PCDD = Polyklorerade dibensodioxiner

PCDF = Polyklorerade dibensofuraner

PCB = Polyklorerade bifenyler

dl-PCB = Dioxinliknande polyklorerade bifenyler

PCDD/F = Polyklorerade dibensodioxiner + Polyklorerade dibensofuraner

TCDD = 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin

TCDF = 2,3,7,8-tetraklorerad dibensofuran

PeCDF = 2,3,4,7,8-Pentaklorerad dibensofuran

TDI = tolerabla dagliga intaget av dioxiner och dioxinliknande ämnen

TEF = toxiska ekvivalensfaktorn

TEQ = toxiska ekvivalenskvantiteten

1 Inledning

Efter flera rapporter om förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen i ekologiska ägg från EU-länder genomförde Livsmedelsverket 2003 en studie med syfte att undersöka halterna av dioxiner i ekologiska och konventionella ägg. Dioxiner och dioxinliknande ämnen kan ha negativa effekter för djur och människor, bland annat i de hormonella och neurologiska systemen, på reproduktionsförmågan samt kan de ha cancerogena effekter (Bergkvist *et al.* 2004). Studien indikerade att ekologiska ägg innehöll högre halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen än konventionella ägg. Gemensamt för äggen med förhöjda halter var att värphönsen utfodrats med ett foder som innehöll fiskmjöl.

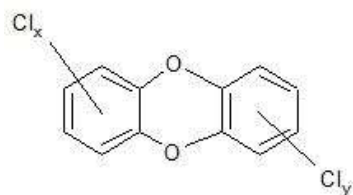
Resultaten från kontrollprogrammet medförde att Livsmedelsverket tillsammans med Jordbruksverket 2004 utförde en större undersökning för att identifiera källor till de förhöjda halterna av dioxiner och dioxinliknande Polyklorerade bifenylter (PCB) (Bergkvist *et al.* 2004). Nio gårdar ingick i studien där halter uppmättes i ägg från ekologisk produktion samt ägg från konventionell produktion där hönor hystes inomhus i burar eller i frigående system. Inom den ekologiska produktionen testades ägg både från besättningar vars hönor utfodrats med ett foder innehållande fiskmjöl och besättningar som utfodrats med ett vegetabiliskt foder. Provtagningen utfördes både innan, under och efter betessäsongen då man ville beakta kontamineringar från miljön. Studien indikerade att ekologiska ägg från värphöns som utfodrats med foder innehållande fiskmjöl hade förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande PCB (dl-PCB). Resultaten visade att det inte fanns några skillnader i dioxinhalter mellan ägg från burhöns och från frigående höns inomhus. Provtagningarna kunde inte heller påvisa några skillnader av halter gällande om det var innan, under eller efter betessäsongen, vilket antogs bero på att halterna av dioxiner och dl-PCB var så pass höga i fiskmjölet att den potentiella inverkan på halterna från utemiljön kan ha maskerats. Som åtgärd reducerades andelen fiskmjöl i fodret till värphöns i ekologisk äggproduktion och kvaliteten på fiskmjölet förbättrades för att reducera halterna av dioxiner och dl-PCB (Bergkvist *et al.* 2004). I en kontroll av dioxinhalter

i livsmedel 2016 upptäckte Livsmedelsverket att halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg, trots åtgärderna, överskred EU:s åtgärdsgräns för ägg på 1,75 pg/g fett. Halterna i ekologiska ägg var tre gånger så höga i jämförelse med konventionella ägg och bland de ekologiska äggen uppmättes totalhalter av dioxiner och dl-PCB upp emot 3,8 pg/g fett. Livsmedelsverket gick ut till allmänheten i ett pressmeddelande den 12 oktober 2016 och informerade om de förhöjda halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg. Bransch och myndigheter uppmanades att undersöka källorna till de förhöjda halterna och i ett samarbete försöka vidta åtgärder (Broman *et al.* 2016). Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka potentiella källor till dioxiner och dl-PCB och vilken betydelse källorna har för kontamineringen av ekologiska ägg. Denna litteraturstudie jämför även halter av dioxiner och dl-PCB mellan andra utbrett konsumerade livsmedel av animaliskt ursprung och undersöker den inverkan dioxiner och dl-PCB kan ha på djur och människa.

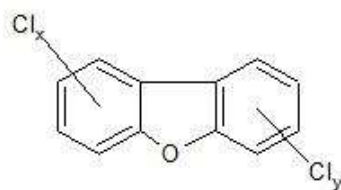
2 Litteratursammanställning

2.1 Dioxiner och dioxinliknande PCB

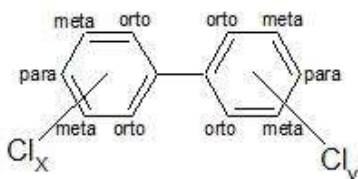
Dioxiner och dl-PCB är en grupp persistenta organiska föroreningar som kemiskt har strukturella likheter och bildar liknande toxiska reaktioner (Poland & Knutson 1982). Dioxiner och PCB uppkommer i olika kemiska föreningar som kan anta olika molekylära strukturer, så kallade kongener (Hanberg *et al.* 2007), vilket gör att de uppträder på olika sätt i miljön (Baars *et al.* 2004). Polyklorerade dibensodioxiner (PCDD) (figur 1) och Polyklorerade dibensofuraner (PCDF) (figur 2) benämns som dioxiner och Polyklorerade bifenyler (PCB) (figur 3) benämns som ett dioxinliknande ämne, då ett antal kongener av PCB har ett dioxinlikt toxikologiskt mönster (Poland & Knutson 1982). När kloratomer binder till PCB vid ortopositionen, vilken är belägen mellan kolatom 1 och 2, kan fenylingarna i molekylen rotera och anta en plan geometrisk form som alstrar en toxikologisk funktion lik dioxiner (Baars *et al.* 2004). Bioackumulering av dioxiner och dioxinliknande ämnen sker när en organism absorberar föreningen med en högre hastighet än vad organismen kan metabolisera och utsöndra föreningen (Schuler *et al.* 1997). Dioxiner och dioxinliknande ämnen är lipofila (fettbindande) och ackumuleras i fettvävnad och ju högre upp de hamnar i näringskedjan, desto högre blir koncentrationen. Ju fler kloratomer en kongen har, desto mer hydrofob (vattenavvisande) är föreningen och binder desto lättare till organisk fettvävnad (Piskorska-Pliszczyńska *et al.* 2014).



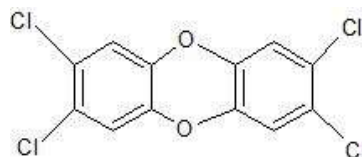
Figur 1. Generell molekylstruktur av en Polyklorerad dibensodioxin (PCDD).



Figur 2. Generell molekylstruktur av en polyklorerad dibensofuran (PCDF).



Figur 3. Generell molekylstruktur av en polyklorerad biphenyl (PCB).



Figur 4. Molekylstruktur av den potenta kongenen 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin (TCDD).

(Figur 1-4: Skiss Chems sketch)

Det finns 210 kända kongener av dioxiner, 75 PCDD och 135 PCDF, samt 209 kända kongener av PCB. Av dessa kongener anses 17 PCDD/F (PCDD+PCDF) och 12 PCB vara toxiska (Piskorska-Plisczynska *et al.* 2014). De fysiologiska, kemiska och toxikologiska egenskaperna hos dioxiner styrs av antal kloratomer och placeringen av dessa runt bensenringarna (Hanberg *et al.* 2007). De generella molekylstrukturerna för dioxiner och PCB utgörs av två sammankopplade bensenringar vars kloratomer kan ersättas med kloratomer, åtta kloratomer i PCDD/F och tio i PCB (WHO 2010). Om kloratomerna är belägna på positionerna 2,3,7 och 8 utgör föreningen en toxisk funktion och den mest potenta kända kongenen är 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin (TCDD)(figur 4) (Hanberg *et al.* 2007).

2.2 Gränsvärden

Den toxiska ekvivalensfaktorn (WHO-TEF) etablerades av World Health Organization 1998. TEF används för riskkaraktisering och illustrerar hur pass toxiska olika kongener av dioxiner och dioxinliknande ämnen är. Samtliga kongener relateras till TCDD, en kongen med ett TEF-värde på 1,0. Resterande kongener bland PCDD/F har ett TEF-värde mellan 0,0001-1,0 och kongener av PCB har ett värde mellan 0,00001-0,1 (WHO 2002). WHO etablerade även termen TDI, det rekommenderade maximala tolerabla dagliga intaget av toxiska ekvivalenter, vilket inte bör överstiga 1-4 pg/kg kroppsvikt per dag. WHO-TEQ (Toxiska

ekvivalenskvantiteten) är en modell för summan av koncentrationen av den toxiska kongenen multiplicerat med dess toxiska ekvivalensfaktor (TEF)(WHO 2002).

$$TEQ = \sum(PCDD_i \times TEF_i) + (PCDF_i \times TEF_i) + (PCB_i \times TEF_i)$$

Halterna av dioxiner och PCB anges ofta i pg WHO-TEQ/g fett eller WHO-TEQ/g färskvikt livsmedel (Bergkvist *et al.* 2004). Enligt EU kommissionens förordning (EG) nr 1259/2011 får den maximala halten av dioxiner i ägg vara 2,5 pg WHO-TEQ/g fett och summan av dioxiner och dl-PCB i ägg får vara max 5 pg WHO-TEQ/g fett för att godkännas som livsmedel.

2.3 Källor till dioxiner och dioxinliknande PCB

Dioxiner förekommer i stort sett överallt i miljön och kan spridas långt från utsläppskällan med luft och vatten (Brambilla *et al.* 2008). Föreningarna är stabila och har en lång halveringstid, i organiska sediment förmodas de ha en halveringstid på över 100 år (Stanmore 2004) och i människokroppen ungefär 7 år (WHO 2010). Dioxiner tillverkas inte med avsikt, med undantag som referens i forskningssyfte, utan föreningarna uppstår vid naturlig förbränning och som en biprodukt från industriella förbränningsprocesser (WHO 2010). Bland annat alstras de vid tillverkning av kemikalier som används vid framställning av bekämpningsmedel och vid blekningsprocesser av papper. Dioxiner uppstår även ur vulkanutbrott, genom skogsbränder (WHO 2010) samt genom privat eldning av hushållsavfall (Solorzano-Ochoa *et al.* 2012). Föreningarna kan uppstå som en biprodukt ur förbränningsprocesser så länge det finns en klorkälla tillgänglig (Altarawneh *et al.* 2009). Generellt sker det genom två olika typer av reaktioner, antingen genom en heterogen reaktion som sker i fast form och i temperaturer mellan 200-400 °C eller genom en homogen reaktion som sker i gasform i temperaturer mellan 500-800 °C. I den heterogena reaktionen, där beståndsdelarna kan urskiljas, bildas dioxiner antingen från oorganiskt kol eller från klorfenoler och klorbensener. I den homogena reaktionen, där beståndsdelarna inte kan urskiljas, bildas dioxiner från olika typer av utgångsämne som klarar höga temperaturer tillsammans med syre (Stanmore 2004).

PCB är ingen naturlig substans men har tillverkats kommersiellt sedan 1920-talet och haft ett flertal användningsområden (WHO 2010). Föreningen har en isolerande och värmetålig förmåga och har bland annat nyttjats som isolatormedium i transformatorer och kondensatorer, som flamskyddsmedel, i hydraulvätskor, vid tillverkning av PVC-plast och som fogmassor i hus och färg (Bergkvist *et al.* 2004).

Nyttillverkning av PCB förbjöds i Sverige år 1972 (Hanberg *et al.* 2007), en åtgärd som de flesta EU länder vidtog under 1970-talet, (WHO 2002). Användningen av PCB bannlystes i Sverige 1995 (Hanberg *et al.* 2007) och halterna har sjunkit sedan dess, men PCB existerar fortfarande i miljön och sprids till största del från avfallshantering av bland annat elektronisk utrustning och industriavfall (WHO 2010).

2.4 Potentiella källor till dioxiner och dioxinliknande PCB i ekologiska ägg

För att en värphöna effektivt ska kunna producera ägg och samtidigt uppleva ett välbefinnande krävs det att hon utfodras med ett foder som bland annat innehåller tillräckligt av den essentiella aminosyran metionin. Brist på metionin i fodret ökar risken för fjäderplockning, ökat foderintag och minskad äggvikt (Elwinger *et al.* 2007). I konventionell äggproduktion tillsätts syntetiskt metionin till fodret, vilket inte är tillåtet i ekologisk äggproduktion (Bergkvist *et al.* 2004). Enligt EU kommissionens förordning (EG) nr 889/2008 kan ekologiskt foder till fjäderfä utgöras av 5 % konventionella foderråvaror, om de producerats eller bearbetats utan kemiska lösningsmedel. Mängden konventionellt foder gäller djurens livstid eller per år och gäller enbart råvaror med ursprung från jordbruket. I foder till fjäderfä inom ekologisk produktion tillsätts fiskmjöl eftersom det innehåller höga halter av metionin (Kim *et al.* 2012). Då fiskmjöl inte anses ha ett jordbruksursprung står det, enligt EU kommissionens förordning (EG) nr 889/2008, därför utanför kravet om ursprung från ekologisk produktion. Enligt Krav får andelen foderråvaror som inte är av jordbruksursprung, som exempelvis fiskmjöl i foder till fjäderfä, utgöras av maximalt 10 % torrsustans av det årliga foderintaget (Krav 2017). Idag pågår forskning kring alternativa proteinkällor som eventuellt skulle kunna ersätta fiskmjölet i foder till värphöns i ekologisk äggproduktion, bland annat musselmjöl och insekter. Dock är mussemjöl kostsamt och utfodring av insekter i fjäderfäproduktion är idag inte tillåtet (Jordbruksverket 2016).

Flera studier tyder på att fet fisk ofta innehåller höga halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen (Focant *et al.* 2002; Llobet *et al.* 2003; Baars *et al.* 2004; Kiviranta *et al.* 2004; Darnerud *et al.* 2006). Eftersom dioxiner och dioxinliknande ämnen är lipofila och därmed inte binder med vatten, bioackumulerar föreningarna i sediment och partiklar bestående av organisk fettvävnad (Sundqvist & Wiberg 2013). Dioxiner och dioxinliknande ämnen tycks därmed ackumulera lättare i vävnader i vattenmiljöer än i vävnader på land och halterna anrikas längs näringskedjan, från plankton till rovfisk (Darnerud *et al.* 2006). När värphönan

utfodras med foder innehållande fiskmjöl bioackumuleras PCDD/F och dl-PCB ytterligare och lagras effektivt ner i äggulan (Waegeneers *et al.* 2009). Sedan Livsmedelsverkets studier 2004 har andelen fiskmjöl i fodret till värphöns inom ekologisk äggproduktion reducerats och flera producenter har bytt fiskmjölsleverantör. Trots åtgärder innehåller ekologiska ägg halter av dioxiner och dl-PCB som är tre gånger så höga som i konventionella ägg och når halter som behöver åtgärdas (Broman *et al.* 2016). I januari 2017 lanserade den svenska äggbranschen ett nytt fasfoderprogram som ska följas av alla svenska ekologiska äggproducenter och tillämpas under 2017. Östersjöfisk har uteslutits från fodret och programmet är indelat i tre olika faser där hönan ska få max 5 % fiskmjöl vecka 16-35, 2-4 % vecka 35-55 och 0-3 % vecka 55 och framåt. När hönan har som störst näringsbehov kompenseras de reducerade andelarna fiskmjöl med protein från andra proteinkällor. Rapporter med provsvar om foderprogrammets inverkan på halter av dioxiner och dl-PCB publiceras under våren 2017 (Svenska Ägg 2016). I en studie där aktivt kol tillsattes i fodret till höns kunde man se att kolet begränsade överföringen av dioxiner och dl-PCB till ägget då aktivt kol binder till föreningarna och förhindrar att föreningarna adsorberas till blodet (Fujita *et al.* 2012). Tillsats av ämnet klorofyll i fodret till råttor har visats sig påskynda den fekala utsöndringen av dioxiner, dock är mekanismen bakom fenomenet ännu okänd (Morita *et al.* 2001)

Enligt flera studier tycks det finnas ett samband mellan värphönans tillgång på jord och höga halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen i ägg (Schuler *et al.* 1997; Kijlstra *et al.* 2007; Winkler 2015). Enligt EU rådets förordning (EG) nr 834/2007 ska djur som föds upp i ekologisk produktion ha tillgång till utevistelse så länge väder och markbeskaffenhet tillåter. Eftersom att hönan har ett födosöksbeteende som innefattar att sprätta och plocka i marken efter insekter och mask, får de individer som har tillgång till utevistelse i sig mellan 2-30 g jord per dag (Waegeneers *et al.* 2009) och kan därmed få i sig höga halter av PCDD/F och dl-PCB. Då dioxiner och dioxinliknande ämnen kan spridas via luft och vatten kan jorden kontamineras via damm och regn från atmosfären (Winkler 2015). Dessutom kan industrianläggningar för produktion av organiska klorkemikalier eller aluminiumåtervinning i närområdet bidra med spridning av PCDD/F och PCB (Schuler *et al.* 1997). Förbränning av hushållsavfall på den egna gården, pentaklorfenolbehandlat trä och läckage av PCB-olja från maskiner kan vara ytterligare källor till kontaminerad jord (Kijlstra *et al.* 2007).

I en studie av Kijlstra *et al.* (2007) undersöktes potentiella källor till förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen i ägg och orsaker till högre halter bland värphöns med tillgång till utevistelse. Prover som samlades in från ägg på en gård där ett staket på gården hade behandlats med spillolja visade halter på 5 pg PCDD/F-

TEQ/g och 5,6 pg dl-PCB-TEQ/g där medelvärden för halterna i studien låg på 2,2 pg PCDD/F-TEQ/g och 1,5 pg dl-PCB-TEQ/g (Kijlstra *et al.* 2007). På en gård i Tyskland utfördes en studie där potentiella källor till PCDD/F och dl-PCB i konventionella och ekologiska ägg undersöktes (Winkler 2015). På gården fanns det fyra olika rastgårdar med olika avstånd till stallet. Stallet som byggdes under 70-talet bestod av byggmaterialet Asbest, ett material som användes innan PCB bannlystes i flera EU länder under 70- och 80-talet. Asbest var billigt, slitstarkt och lättanvänt men innehöll PCDD/F och dl-PCB samt andra kemikalier som kan vara skadliga vid exponering. Resultaten visade att jorden och äggen från höns som vistades precis intill stallet hade högst halter av dl-PCB. Den högsta halten av dl-PCB, på 70,2 pg TEQ/g, påträffades i ett av jordproverna. I dammet från stallet uppmättes halter av dl-PCB på 64,5 pg TEQ/g och tester från byggnadsmaterialet från stallet visade halter på 28,4 pg TEQ/g. PCDD/F halterna var låga i samtliga tester men där det fanns PCDD/F bestod stora andelar av 2,3,7,8-tetraklorerad dibensofuran (TCDF) och 2,3,4,7,8-Pentaklorerad dibensofuran (PeCDF), två högttoxiska furankongener med TEF-värden på 0,1 respektive 0,3. Fodret som analyserades i studien ansågs inte utgöra en källa till kontaminering av äggen då det innehöll obetydliga halter av PCDD/F och dl-PCB. Winkler kom fram till att kontamineringen av jorden och äggen som testades i studien med stor sannolikhet har sin källa från Asbestmaterialet och dioxiner samt dl-PCB transporteras från stallytans tak och väggar ner i jorden med hjälp av regn, luft och damm (Winkler 2015).

I stora besättningar med fler höns som har tillgång till utevistelse, desto lägre halter av dioxiner får varje höna i sig (Schuler *et al.* 1997; Kijlstra *et al.* 2007). Ju fler individer i en besättning, desto fler individer stannar kvar inne i stallet istället för att gå ut (Hegelund *et al.* 2005 ; Kijlstra *et al.* 2007). Högre halter av dioxiner påträffades i flockar med färre än 1500 individer (Kijlstra *et al.* 2007). I äggproduktioner med flockar på fler än 1000 individer spenderar hönorna mindre än 20 % av den tillgängliga tiden utomhus och flockar på färre än 100 individer spenderar dubbelt så mycket tid utomhus (Kijlstra *et al.* 2007). En annan potentiell orsak till förhöjda halter av PCDD/F och dl-PCB bland ekologiska ägg kan vara att värphöns som har tillgång till utevistelse har större möjligheter att röra sig fritt. Med ökad rörelse lagras mindre fett i hönans kropp, vilket gör att lägre halter kan lagras i hönans fett och större mängd PCDD/F och dl-PCB lagras istället i ägget (Hsu *et al.* 2010).

2.5 Jämförelse med andra animaliska livsmedel

I EU kommissionens förordning (EU) nr 1259/2011 har olika gränsvärden för dioxiner och dl-PCB i livsmedel med animaliskt ursprung sammanställts (tabell 1).

Tabell 1. Gränsvärden för dioxiner och dioxinliknande PCB i livsmedel med animaliskt ursprung enligt EU kommissionens förordning (EU) nr 1259/2011

Livsmedel	Summan av dioxiner (WHO-PCDD/F-TEQ)	Summan av dioxiner och dioxinlika PCB (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)
Hönsägg och äggprodukter	2,5 pg/g fett	5,0 pg/g fett
Fjäderfä	1,75 pg/g fett	3,0 pg/g fett
Svin	1,0 pg/g fett	1,25 pg/g fett
Nötkreatur och får	2,5 pg/g fett	4,0 pg/g fett
Lever från landlevande djur	4,5 pg/g fett	10,0 pg/g fett
Mjolkprodukter	2,5 pg/g fett	5,5 pg/g fett
Viltfångad fisk och fiskprodukter	3,5 pg/g våtvikt	6,5 pg/g våtvikt
Viltfångad ål	3,5 pg/g våtvikt	10,0 pg/g våtvikt
Fisklever		20,0 pg/g våtvikt
Marina oljor	1,75 pg/g fett	6,0 pg/g fett
Blandat animaliskt fett	1,5 pg/g fett	2,50 pg/g fett
Livsmedel avsedda för spädbarn och småbarn	0,1 pg/g våtvikt	0,2 pg/g våtvikt

I flera EU länder har det utförts marknadsstudier i syfte att undersöka vilket livsmedel med animaliskt ursprung som konsumeras frekvent lokalt och bidrar allra mest till exponering av dioxiner och dioxinliknande ämnen (Focant *et al.* 2002; Llobet *et al.* 2003; Kiviranta *et al.* 2004; Darnerud *et al.* 2006). Samtliga undersökningar visar att fet fisk är den livsmedelskategori som generellt innehåller högst halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen. Halterna är speciellt problematiska i fisk från Östersjön och bör konsumeras med försiktighet (Darnerud *et al.* 1995).

I en finsk studie undersöktes halterna av dioxiner och dioxinliknande ämnen i viltfångad Östersjöfisk (Isosaari *et al.* 2006). Författarna konstaterade höga halter av PCDD/F och dl-PCB i lax, flodnejonöga och sill. Dessa fiskar har en hög lipidsammansättning, i medel 9,3 % av sin kroppsvikt och de högsta halterna av dioxiner och dl-PCB som uppmättes i studien var 17,7 pg PCDD/F-TEQ/g i sill och 15,6 pg PCB-TEQ/g i lax. Halterna av dioxiner ökade med storlek och ålder i sill,

dock sjönk lipidsammansättningen och därmed dioxinhalterna med upp till 12-20 % om skinnet avlägsnades (Isosaari *et al.* 2006).

Inom EU exporteras ingen fisk från Östersjön på grund av de höga halterna, men enligt kommissionens förordning (EG) nr 1259/2011 har Finland, Sverige och Lettland beviljats ett undantag att konsumera Östersjöfisk. Förordningen säger att de tre medlemsstaterna får sälja Östersjöfisk på den inhemska marknaden för humankonsumtion så länge villkoren uppfylls gällande kostrekommendationer till konsumenter samt att halterna övervakas och rapporteras till kommissionen. Även om fisk innehåller förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen konsumerar den svenska befolkningen generellt sett relativt lite av denna livsmedelskategori jämfört med andra utbrett konsumerade livsmedel av animaliskt ursprung (Darnerud *et al.* 2006). Från den svenska marknadsstudien av Darnerud *et al.* (2006) låg halterna av dioxiner och dioxinliknande ämnen bland landlevande djur relativt lågt. Produkter från kycklingkött, lammkött, nötkött och griskött hade ett totalt medelvärde av PCDD/F och dl-PCB på 0,092 pg TEQ/g färskvikt, mejeriprodukter hade ett medelvärde på 0,041 pg TEQ/g färskvikt och fettprodukter på 0,423 pg TEQ/g färskvikt.

Halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen i olika livsmedelskategorier skiljer sig geografiskt. I en belgisk marknadsstudie (Focant *et al.* 2002) påträffades, förutom i fisk, höga halter av PCDD/F och dl-PCB i hästkött. Hästkött från 12 hästar testades och en total medelhalt av PCDD/F och dl-PCB uppmättes till 19,38 pg TEQ/g fett. En trolig förklaring till de höga halterna i hästköttet är att hästar lever längre och exponeras därmed för dioxiner och dioxinliknande ämnen under en längre tid (Focant *et al.* 2002). En annan livsmedelskategori som ofta innehåller höga halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen är livsmedelsprodukter baserade på lever (Fernandes *et al.* 2010; Schwarz *et al.* 2014). I en studie påträffades totalhalter av PCDD/F och PCB i lever från får på 8,36 pg TEQ/g, tjur/kalv på 3,25 pg TEQ/g och 68,2 pg TEQ/g i lever från hjort. De förhöjda halterna beror på att bearbetning av lipider bland annat sker i levern (Fernandes *et al.* 2010).

2.6 Inverkan på människa och djur

Dioxiner och dioxinliknande ämnen verkar gemensamt genom att binda till Arylkolväte (Ah), ett intracellulärt receptorprotein. När receptorn aktiveras, aktiveras antingen tyrosinkinas (van Leeuwen *et al.* 2000), ett enzym som fosforylerar protein (Sjaastad *et al.* 2010), eller så induceras transkription av cytokrom P450 (van Leeuwen *et al.* 2000), ett koenzym i levern som oxiderar

främmande substanser (Sjaastad *et al.* 2010). Aktivering av Ah receptorn kan leda till endokrina och parakrina defekter samt leda till cellförändring (van Leeuwen *et al.* 2000).

Av människans exponering av dioxiner och dioxinliknande ämnen härstammar 90% från födointaget, särskilt från föda av animaliskt ursprung (ECE 2000). EU kommissionen rekommenderar ett maximalt veckointag av dioxiner och dioxinliknande ämnen på 14 pg TEQ/kg kroppsvikt, eller 2 pg/kg kroppsvikt per dag (Baars *et al.* 2004). I medel får en vuxen svensk i sig mellan 0,60-1,92 pg TEQ/kg kroppsvikt per dag, beroende på vilka och hur stora mängder av kontaminerat livsmedel som konsumeras (Darnerud *et al.* 2006). Barn och kvinnor i barnafödande ålder är de riskgrupper som främst bör skyddas från för höga exponeringar av dioxiner och dioxinliknande ämnen. Barn bör skyddas för att inte drabbas av en nedsatt utveckling och kvinnor i barnafödande ålder bör skyddas för att undvika att höga halter förs vidare till kommande generationer via bröstmjölken eller moderkakan (Broman *et al.* 2016). Svenska barn mellan 1-10 år hade ett dagligt intag på 2-6 pg TEQ/kg kroppsvikt per dag under 1989 enligt en svensk matkonsumtionsundersökning (Livsmedelsverket 1994 se Bergkvist *et al.* 2008). Dock minskar exponeringen via födan av dioxiner och dioxinliknande ämnen med åldern. Vid 1-års ålder får ett barn i sig omkring 3,5-4,0 pg/kg och efter 15-års ålder får ett barn i sig i medel 1,4 pg/kg. Detta beror på att barn och särskilt spädbarn, äter mycket mer i förhållande till deras kroppsvikt. Eftersom att exponering minskar med ålder behöver inte halterna nödvändigtvis utgöra en hälsorisk för barn (Bergkvist *et al.* 2008).

Tidigaste tecknet på exponering av för höga halter av dl-PCB är irritationer i ögonen och på huden, så kallad klorakne (WHO 2010) samt nedsättning av leverns funktion (McGregor *et al.* 1998). De långtidsverkande effekterna av dioxiner och dioxinliknande ämnen på människor och djur är hormonstörande, neurotoxiska, immunotoxiska och kan ha negativa effekter på reproduktionsförmågan samt ha cancerogena effekter (Bergkvist *et al.* 2004). International Agency for Research on Cancer (IARC) har klassat kongenen TCDD och de 12 toxiska kongenerna av dl-PCB som cancerogena (McGregor *et al.* 1998). I studier där försöksdjur som råttor, möss och hamstrar har exponerats för TCDD har det uppkommit tillväxt av olika typer av tumörer bland försöksdjuren. Bland människor som har exponerats kontinuerligt av TCDD i produktion av herbicider finns det för lite belägg för att kongenen skulle vara direkt cancerogen för människan. Dock vet man att risken för att drabbas av cancer ökar vid exponering av TCDD i kombination med andra cancerframkallande ämnen (McGregor *et al.* 1998). Efter en incident i Yusheng, Taiwan (1979), där olja kontaminerad med PCDF läckt ut, var leversjukdomar bland

män 2,7 gånger vanligare sen innan incidenten (Yu *et al.* 1997). Sommaren 1976 släpptes stora mängder av kongenen TCDD ut i Seveso i Italien efter att ett reaktionskärl på en kemisk anläggning läckt. Reaktionskärl för triklorfenolproduktion läckte ut flera kilo av dioxinet efter felaktigt underhåll och då kärlet exponerats för högt tryck och värme. De tidigaste uppvisade effekterna var klorakne bland barn som befann sig utomhus under katastrofen (Bertazzi *et al.* 2001). De senare uppvisade effekterna var bland annat en ökning av tumörer i det lymfatiska och blodcellsbildande systemet bland de människor som var bosatta i de mest kontaminerade områdena runt den kemiska anläggningen (Pesatori *et al.* 2009).

Höga halter av dioxiner och dl-PCB är korrelerade med låga halter tyroideahormoner och höga halter tyroideastimulerande hormoner (TSH) i bröstmjolk bland ammande mödrar (Koopman-Esseboom *et al.* 1994). Tyroideahormoner är viktigt för utvecklingen av det centrala nervsystemet hos foster och barn de första månaderna efter födseln. Brist på hormonerna kan ha negativa effekter på den fysiologiska utvecklingen av det centrala nervsystemet genom att påverka den mentala funktionen eller leda till att det centrala nervsystemets utveckling fördröjs (Sjaastad *et al.* 2010). Förhöjda halter av TSH kan leda till Hypertyreoidism, en åkomma som kan leda till uppkomst av tumörer i sköldkörteln (Sjaastad *et al.* 2010). Foster som exponeras för dl-PCB via moderkakan i prenatalt tillstånd påverkar de kognitiva funktionerna för barnet i skollåldern. Barn vars mödrar som hade en uppmätt halt på minst 1,0 µg per gram fett av dl-PCB i bröstmjölken hade sämre ord- och läsförståelse, lägre IQ samt försämrat korttidsminne i jämförelse med barn vars mödrar hade lägre halter i bröstmjölken (Jacobson & Jacobson 1996).

3 Diskussion

Ägg är ett utbrett konsumerat livsmedel och efterfrågan på ekologiska varor blir allt större bland konsumenter. En fördel med ekologisk äggproduktion är att hönan får tillgång till utevistelse och därmed större möjlighet att utföra sitt naturliga behov. Eftersom dioxiner och dioxinliknande ämnen är stabila och har ett flertal spridningsvägar är det problematiskt att identifiera källorna till kontaminering av ekologiska ägg. Tillgången på kontaminerad jord kan vara en bidragande faktor till de förhöjda halterna av dioxiner och dl-PCB i ägg (Schuler *et al.* 1997; Kijlstra *et al.* 2007; Winkler 2015). Eftersom dioxiner och dioxinliknande ämnen sprids med atmosfären är det svårt att styra vad som hamnar i marken. En eventuell lösning för att undvika kontaminerad jord kan vara att ta jordprover innan hönorna släpps ut på bete, dock finns det inget uppsatt gränsvärde för dioxiner och dioxinliknande ämnen i jordsediment (Roszko *et al.* 2014).

Eftersom förhöjda halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen har påträffats i närheten av industrianläggningar för produktion av organiska klorkemikalier eller aluminiumåtervinning (Schuler *et al.* 1997) och kan uppstå som en biprodukt från industriella förbränningsprocesser (WHO 2010) kan placeringen av gården göra skillnad. Vid nybyggnation av stallar eller vid omställning till ekologisk produktion kan producenten undersöka vad marken och området har nyttjats till tidigare och även ha i åtanke att egen förbränning av avfall på gården kan bidra till spridning av dioxiner och dioxinliknande ämnen (Kijlstra *et al.* 2007). En förebyggande åtgärd skulle kunna vara att bannlysa ekologisk äggproduktion i närheten av kända kontaminerade områden (Roszko *et al.* 2014). En problematik kring förslaget är vem som ska bekosta en eventuell ombyggnation och flytt då producenten kanske inte har möjlighet att bekosta detta. Stallet på gården bestående av Asbest i studien av Winkler (2015) var byggt innan nytillverkningen av PCB bannlystes under 70-talet. I en studie misstänktes förhöjda halter av dioxiner och dl-PCB härstamma från ett staket som var behandlat med spillolja (Kijlstra *et al.* 2007). Nyttjande av byggnationer som byggts eller behandlats med medel innehållande PCB innan

förbudet kan därmed vara en bidragande källa till förhöjda halter av dl-PCB i ekologiska ägg. En eventuell åtgärd till detta kan vara att ekologiska äggproducenter ser över sina byggnationer eller ser till att misstänkta kontaminerade material inte är belägna i närheten av området där värphönsen vistas. En bidragande faktor till mängden kontaminerad jord värphönsen exponeras för är storleken på besättning och i vilken utsträckning hönorna har tillgång till utevistelse (Hegelund *et al.* 2005; Kijlstra *et al.* 2007). Dessutom påstår Hsu *et al.* (2007) att högre halter dioxiner och dl-PCB lagras i ägget istället för i fett i desto större utsträckning hönsen får röra sig fritt. Reglering av tiden värphönsen får vara ute och röra sig samt vara i kontakt med kontaminerad jord kan eventuellt bidra till lägre halter av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg. Dock strider detta mot ett huvudsakligt syfte med ekologisk produktion, att verka för att hönsens välfärd ska gynnas genom att hon har tillgång till utevistelse.

Trots reducerad andel av fiskmjöl i fodret till värphöns i ekologisk äggproduktion står Sveriges äggbransch fast vid att fiskmjölet fortfarande med sannolikhet är den primära källan till de förhöjda halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg (Svenska ägg 2016). Eftersom att flera marknadsstudier tyder på att fet fisk innehåller höga halter av dioxiner och dioxinliknande ämnen (Focant *et al.* 2002; Llobet *et al.* 2003; Baars *et al.* 2004; Kiviranta *et al.* 2004; Darnerud *et al.* 2006;) kan detta vara en källa till de förhöjda halterna i ekologiska ägg. En eventuell åtgärd för att sänka halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg skulle kunna vara att helt upphöra användandet av fiskmjöl i fodret och istället tillsätta alternativa proteinkällor. Det pågår en forskning kring alternativa proteinkällor som eventuellt skulle kunna användas i fodret till värphöns i ekologisk äggproduktion istället för fiskmjöl, bland annat musselmjöl och insekter, dock är musselmjöl i dagsläget kostsamt och att utfodra fjäderfä med insekter är enligt lagstiftning inte tillåtet (Jordbruksverket 2016). En annan alternativ åtgärd skulle kunna vara att avlägsna fett eller skinnet från fisken och tillsätta fett från en annan källa, då lipidsammansättningen och därmed dioxinhalten sjunker med 12-20 % om skinnet från fisken avlägsnas (Isosaari *et al.* 2006). Nu när det nya fasfoderprogrammet har lanserats kan halterna ha sjunkit, vilket återstår att se i den kommande publiceringen av de nya provsvaren. Frågan är hur pass långsiktig användningen av fiskmjölet som en proteinkälla till värphöns inom ekologisk äggproduktion är. Haven fiskas ut och problemen med förhöjda halter av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg tycks vara återkommande. Det pågående forskningsarbetet kring alternativa proteinkällor bör fortsätta utvecklas för att fiskmjölet i fodret till ekologiska värphöns ska kunna ersättas.

4 Slutsats

Med ökad kännedom om hur dioxiner och dl-PCB sprids samt hur föreningarna kan påverka människan har användningen av PCB bannlysts och andra åtgärder för att minska spridningen vidtagits. Föreningarna har en lång halveringstid, vilket gör att det kan dröja innan resultat från åtgärderna blir tydligt märkbara. Det är oklart om vad som är den primära källan till de förhöjda halterna av dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg. Eftersom dioxiner och dl-PCB är långlivade och har ett flertal spridningsvägar är det svårt att identifiera den primära källan, dock tyder denna litteraturstudie på att potentiella källor till dioxiner och dl-PCB i ekologiska ägg kan bland annat vara jord, byggnationer och fiskmjöl. Produktionen av ekologiska ägg bör placeras i områden där risken för kontaminering från miljön är reducerad och äggproducenter bör se till att hönorna inte exponeras för möjliga källor på den egna gården. Att ersätta fiskmjölet med alternativa proteinkällor bör övervägas och ytterligare studier bör utföras i Sverige för att identifiera källor och spridning av dioxiner och dl-PCB till svenska ekologiska ägg.

Referenslista

- Altarawneh, M. Dlugogorski, B.Z. Kennedy, E.M. Mackie, J.C. (2009) Mechanisms for formation, chlorination, dechlorination and destruction of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs). *Progress in Energy and Combustion Science* vol. 35, ss 245–274
- Baars, A.J. Bakker, M.I. Baumann, R.A. Boon, P.E. Freijer, J.I. Hoogenboom, L.A.P. Hoogerbrugge, R. Klaveren, J.D.V. Liem, A.K.D. Traag, W.A. Vries, J.D. (2004) Dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands. *Toxicology Letters* vol. 151, ss 51-61
- Bergkvist, P. Ankarberg, E. Aune, M. (2004) Källor till dioxiner i hönsägg år 2004. Livsmedelsverket: Enheten för kontrollprogram, Toxikologiska enheten, Kemiska enheten 2
- Bergkvist, C. Öberg, M. Appelgren, M. Becker, W. Aune, M. Ankarberg, E.H. Berglund, M. Håkansson, H. (2008) Exposure to dioxin-like pollutants via different food commodities in Swedish children and young adults. *Food and Chemical Toxicology* vol. 46, ss 3360–3367
- Bertazzi, P.A. Consonni, D. Bachetti, S. Rubagotti, M. Baccarelli, A. Zocchetti, C. Pesatori, A.C. (2001) Health Effects of Dioxin Exposure: A 20-Year Mortality Study. *American Journal of Epidemiology* vol. 153, ss 1031-1044
- Brambilla, G. Iamicieli, A.L. Ferri, F. Domenico, A.D. (2007) Normative and pre-normative aspects for the management of actual and perspective POPs in meat and meat products. *Meat Science* vol.78, ss 25-33
- Broman, F. Ankarberg, E.H. Bergkvist, P. Glynn, A. Aune, M. (2016) Hanteringsrapport gällande dioxin och dioxinlika PCB i ägg. Livsmedelsverket: Riskvärdering 25 oktober 2016
- Chemsketch, version 16.02. Advanced Chemistry Development, Inc., Toronto, ON, Kanada, www.acdlabs.com, 2017.
- Darnerud, P.O. Atuma, S. Aune, M. Bjerselius, R. Glynn, A. Petersson, G.K. Becker, W. (2006) Dietary intake estimations of organ halogen contaminants: (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides e.g. DDT) Based on Swedish market basket data. *Food and Chemical Toxicology* vol. 44, ss 1597-1606
- Darnerud, P.O. Wicklund, A.G. Andersson, Ö. Atuma, S. Johnsson, H. Linder, C.E. Becker, W. (1995) Background to the revised dietary advice. PCB and dioxins in fish (in Swedish). *Vår föda* vol. 47, ss 10-21
- ECE, Europa kommissionen (2000) Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of EU Member State. Bryssel: Scoop (Scoop rapport: 3.2.5:2000)
- Elwinger, K. Tauson, R. Lagerkvist, G. (2007). Bibliografiska uppgifter för Foder till ekologiska värphöns. Uppsala: SLU (SLU rapport: 2006/2007:13)

- EU rådets förordning om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter (2007). Bryssel. (EG:834/2007)
- EU kommissionens förordning (EG) om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter med avseende på ekologisk produktion, märkning och kontroll (2008). Bryssel. (EG: 889/2008)
- EU kommissionens förordning (EU) om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel (2011). Bryssel. (EU: 1259/2011)
- Fernandes, A. Mortimer, D. Rose, M. Gem, M. (2010) Dioxins (PCDD/Fs) and PCBs in offal: Occurrence and dietary exposure. *Chemosphere* vol. 81, ss 536-540
- Focant, J.F. Eppe, G. Pirard, C. Massart, A.C. André, J.E. De Pauw, E. (2002) Levels and congener distributions of PCDDs, PCDFs and non-ortho PCBs in Belgian foodstuffs Assessment of dietary intake. *Chemosphere* vol. 48, ss 167-179
- Fujita, H. Honda, K. Iwakiri, R. Guruge, K.S. Yamanaka, N. Tanimura, N (2012) Suppressive effect of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls transfer from feed to eggs of laying hens by activated carbon as feed additive. *Chemosphere* vol. 88, ss 820-827
- Hanberg, A. Öberg, M. Sand, S. Darnerud, P.O. Glynn, A. (2007) *Risk assessment of non-developmental health effects of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in food*. Uppsala: Livsmedelsverket (Livsmedelsverkets rapport 2007:11)
- Hegelund, L. Sorensen, J.T. Kjaer, J.B. Kristensen, I.S. (2005) Use of the range area in organic egg production systems: effect of climatic factors, flock size, age and artificial cover. *British Poultry Science* Vol. 46, ss 1-8
- Hsu, J. Chen, C. Liao, P. (2010) Elevated PCDD/F Levels and Distinctive PCDD/F Congener Profiles in Free Range Eggs. *Journal of Agricultural and food chemistry* vol. 58, ss 7708-7714
- Isosaari, P. Hallikainen, A. Kiviranta, H. Vuorinen, P. Parmanne, R. Koistinen, J. Vartiainen, T. (2006) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, biphenyls, naphthalenes and polybrominated diphenyl ethers in the edible fish caught from the Baltic sea and lakes in Finland. *Environmental Pollution* vol. 141, ss 213-225
- Jacobson, J.L & Jacobson, S.W (1996) Intellectual impairment in children exposed to polychlorinated biphenyls in utero. *The New England Journal of Medicine* vol. 335, ss 783-789
- Jordbruksverket (2016) *Foder i ekologisk fjäderfäproduktion*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/djurhallning/utfodringiekologiskproduktion/foderiekologiskfjaderfaproduktion.4.2399437f11fd570e6758000441.html> [2016-08-18]
- Kijlstra, A. Traag, W.A. Hoogenboom, L.A.P. (2007) Effect of Flock Size on Dioxin Levels in Eggs from Chickens Kept Outside. *Poultry Science* vol. 86, ss 2042-2048
- Kim, E.J. Utterback, P.L. Parson, C.M (2012) Comparison of amino acid digestibility coefficients for soybean meal, canola meal, fish meal, and meat and bone meal among 3 different bioassays. *Poultry Science* vol. 91, ss 1350-1355
- Kiviranta, H. Ovaskainen, M. Vartiainen, T. (2004) Market basket study on dietary intake of PCDD/Fs, PCBs, and PBDEs in Finland. *Environment International* vol. 30, ss 923-93
- Koopman-Esseboom, C. Morse, M.C. Weisglas-Kuperus, N. Lutkeschipholt, I.J. van der Paauw, C.G. Tuinstra, L.G. Brouwer, A. Sauer, P.J. (1994) Effects of Dioxins and Polychlorinated Biphenyls on Thyroid Hormone Status of Pregnant Women and Their Infants. *Pediatric Research* vol. 36, ss 468-473
- Krav (2017) *Regler för KRAV-certifierad produktion utgåva 2017*. Tillgänglig: <http://www.krav.se/regel/kravs-regler-2017>

- Livsmedelsverket (1994) Matvanor och näringsintag av befolkningen i Sverige 1989: Analys av metoder och resultat. Uppsala: Livsmedelsverket (Livsmedelsverkets rapport: 1994)
- Llobet, J.M. Domingo, J.L. Bocio, A. Casas, C. Teixidó, A. Müller, L. (2003) Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere* vol. 50, ss 1193–1200
- McGregor, D.B. Partensky, C. Wilbourn, J. Rice, J.M. (1998) An IARC Evaluation of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans as Risk Factors in Human Carcinogenesis. Lyon: International Agency for Research on Cancer (IARC rapport, 1998:106)
- Morita, K. Ogata, M. Hasegawa, T. (2001) Chlorophyll Derived from *Chlorella* Inhibits Dioxin Absorption from the Gastrointestinal Tract and Accelerates Dioxin Excretion in Rats. *Environmental Health Perspect* vol. 109, ss 289–294
- Pesatori, A.C. Consonni, D. Rubagotti, M. Grillo, P. Bertazzi, P.A. (2009) Cancer incidence in the population exposed to dioxin after the "Seveso accident": twenty years of follow-up. *Environmental Health* 2009, 8:39
- Piskorska-Pliszczynska, J. Mikolajczyk, S. Warenik-Bany, M. Maszewski, S. Strucinski, P. (2014) Soil as a source of dioxin contamination in eggs from free-range hens on a Polish farm. *Science of the Total Environment* vol. 466–467, ss 447–454
- Poland, A & Knutson, J.C. (1982) 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo p-dioxin and related halogenated aromatic hydrocarbons: examination of the mechanism of toxicity. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* Vol. 22, ss 517-54
- Rosko, M. Szymczyk, K. Jedrzejczak, R. (2014) Influence of hen breeding type on PCDD/F, PCB & PBDE levels in eggs. *Science of the Total Environment* vol. 487, ss 279-289
- Schuler, F. Schmid, P. Schlatter, C. (1997) The transfer of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from soil into eggs of foraging chicken. *Chemosphere* vol. 34, ss 711-718
- Schwarz, M.A. Lindtner, O. Blume, K. Heinemeyer, G. Schneider, K. (2014) Dioxin and dl-PCB exposure from food: the German LExUKon project. *Food Additives & Contaminants* vol. 31, ss 688-702
- Sjaastad, Ö.V. Sand, O. Hove, K. (2010) Physiology of domestic animals. 2nd edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press
- Solorzano-Ochoa, G. de la Rosa, D.A. Maiz-Laralde, P. Gullett, B.K. Tabor, D.G. Touati, A. Wyrkowska-Ceradini, B. Fiedler, H. Abel, T. Carroll, W.F. (2012) Open burning of household waste: Effect of experimental condition on combustion and emission of PCDD, PCDF and PCB. *Chemosphere* vol. 87, ss 1003-1008
- Stanmore, B.R. (2004) The formation of dioxins in combustion systems. *Combustion and flame* vol. 136, ss 398-427
- Sundvist, K. & Wiberg, K. (2013) Karakterisering av PCB och PCDD/F i Östersjöns ytsediment – Halter och källspårning med hjälp av multivariat mönsteranalys. Umeå: Naturvårdsverket (Naturvårdsverket rapport 6581:2013)
- Svenska ägg (2016). *Nytt foderprogram för ekologisk produktion*. Tillgänglig: <http://svenskaagg.se/?p=21283&m=> [16-12-21]
- Van Leeuwen, R. Feeley, M. Schrenk, D. Larsen, J.C. Farland, W. Younes, M. (2000) Dioxins: WHO's tolerable daily intake (TDI) revisited. *Chemosphere* vol. 40, ss 1095-1101
- Waegeneers, N. De Steur, H. De Temmerman, L. Van Steenwinkel, S. Gellynck, X. Viaene, J. (2009) Transfer of soil contaminants to home-produced eggs and preventive measures to reduce contamination. *Science of the total environment* vol. 407, ss 4438-4446
- Winkler, J. (2015) High levels of dioxin-like PCBs found in organic-farmed eggs caused by coating materials of asbestos-cement fiber plates: A case study. *Environment International* vol.80, ss 72–78

- World Health Organization (2002) *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Geneva: 2002
- World Health Organization (2010) *Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern*. Geneva: 2010
- Yu, M.L. Guo, Y.L. Hsu, C.C. Rogan, W.J. (1997) Increased Mortality from Chronic Liver Disease and Cirrhosis 13 Years After the Taiwan “Yucheng” (“Oil Disease”) Incident. *American journal of industrial medicine* vol. 31, ss 172–175

Tack

Jag vill tacka Åsa Odelros på Svenska Ägg för din förmedling av kunskap och fördjupad förståelse samt Petra Bergkvist på Livsmedelsverket för att du hjälpte mig med att leta fram användbara rapporter.